# 国内外开放科学的实践进展与未来探索*

■ 温亮明[1,2] 李洋[3] 郭蕾[4]

[1] 中国科学院计算机网络信息中心 北京 100083 [2] 中国科学院大学计算机科学与技术学院 北京 100049
[3] 成都体育学院图书馆 成都 610041 [4] 中国航天科工集团第六研究院情报信息研究中心 呼和浩特 010021

摘 要：[目的/意义]及时追踪分析国内外开放科学实践进展，可为科技管理部门调整开放科学政策、布局开放科学方向提供决策支持。[方法/过程]对当前开放科学的研究与实践进行四个方面的归纳：开放科学的概念内涵与现实意义、国外开放科学实践进展、国内开放科学实践进展、开放科学的未来发展趋势。[结果/结论]开放科学是知识从闭塞走向创新的必然选择，国际社会已在开放科学战略、开放基础设施、开放科学数据、开放获取期刊等方面进行了良好实践；我国在开放科学的制度规划、文化营造、开放程度、品牌声誉等方面尚待提升；未来，开放科学将朝着全球化、FAIR化、生态化、云端化等方向发展。

关键词：开放科学 科学共同体 全球开放科学云 FAIR原则 开放生态
分类号：G253
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.24.012



在全球化发展浪潮下，可持续、创新化解决方案的制定需要有效、透明和充满活力的科研成果作为支撑，但科研成果的产出不仅依赖于学术界，更需要全社会共同努力。为了实现科研成果能够真正造福全人类，并且不让任何人在享受科学红利时掉队，必须改变现行的科学研究生产过程和成果传播途径，开放科学成为科研范式变革环境下科学发展的必然选择[1]。开放科学理念已经得到科学共同体的普遍共识[2]：欧洲委员会（EC）副主席N. Kroes曾指出"为了在科学上取得进步，我们需要开放和分享"[3]；联合国教科文组织（UNESCO）召集多国科技部门代表会议呼吁"促进开放科学与加强合作"以应对新型冠状病毒肺炎（COVID-9）[4]；李克强在外国专家座谈会上强调"全世界科学界都应该坚守这样一个理念：科学一定要合作和开放"[5]。有研究表明[6]，2013年之后全球开放科学相关文献数量呈现快速增长趋势，2016年以来开放科学相关实践开始加速，2017年以后全球开放科学步入快速发展期。

开放科学运动的兴起也为科学研究提供了素材，国内已有众多学者开展了开放科学实践相关研究。在中国知网中以"开放科学实践""开放科学进展""开放科学现状"为检索词进行主题检索，发现目前国内关于开放科学实践的相关研究成果主要集中在以下方面：①国内外开放科学学术研究进展，主要涉及我国开放科学的研究进展[7]、国际开放科学的研究进展[8]、国内外开放科学生态系统的研究进展[9]、国内外科学数据共享的研究现状[10]、国内外科学数据开放政策的研究现状[11]等；②国外开放科学宏观实践体系，主要涉及法国开放科学的实践进展和顶层设计[12]、欧洲开放科学的推进发展体系[13]、欧盟开放科学的实践体系[14]、美国开放科学中心的实践进展和特点[15]、日本开放科学的发展现状[16]等；③国外开放科学微观实践方案，主要涉及国际数据期刊的发展现状[17]、国际开放科学社区的发展现状[18]、科学数据共享系统的发展现状与趋势[19]、国际数据期刊的载文特征[20]、国内外科学数据与开放共享的实践进展[21-22]、国际数据出版进展[23]、开放数据在不同国际信息组织中的应用现状[24]、国外社会科学开放获取学术期刊的发展现状[25]、国外学术信息开放存取的发展现状[26]等；④国内开放科学微观实践方案，主要涉及我国科学数据的开放共享模式和相关标准规范[27]、中国在科学数据开放获取方面的实践进展[28]、我国开放学术期刊出版融合的现状[29]、社会科学数据的开放共享发展现状[30]、我国大型仪器设备资源开放共享建设的进展[31]、国内

* 本文系中国科学院国际大科学计划培育专项"全球开放科学云培育计划"（项目编号：241711KYSB20200023）研究成果之一。
作者简介：温亮明，博士研究生；李洋，馆员，硕士，通讯作者，E-mail：youngli0328@163.com；郭蕾，助理工程师，硕士。
收稿日期：2021-06-17 修回日期：2021-09-09 本文起止页码：109-122 本文责任编辑：杜杏叶

人文社科期刊开放存取的现状[32]、我国开放存取的发展现状[33]等。以上成果虽然对开放科学理论研究和实践应用具有一定推动作用,但这些成果的研究内容仍存在一定局限性:一是研究对象相对狭隘,多关注欧洲、美国、日本等少数发达国家的实践进展而对其他地区关注不足;二是研究领域过于集中,开放科学数据、开放获取期刊、数据期刊成为热点,但对开放科研基础设施、开放科学政策法规关注较少;三是对比研究成果缺乏,已有研究或通过国外典型案例分析启示意义,或通过国内调研提发展建议,较少能对国内外实践现状进行同等层面比对分析。

基于此,本文拟选取开放获取期刊、开放科学数据、开放基础设施、开放科学战略四个当前国内外开放科学发展较成熟的细分领域进行调研梳理,并对开放科学的未来趋势进行分析和例证,这既是一次对国内外开放科学典型实践的全面梳理,也是对我国开放科学实践不足的对标分析。本文的后续行文结构将按照 Why-What-How 的逻辑思路进行组织:首先,从思想流派、内容体系、现实意义三个层面对开放科学的基本理论进行解析,回答为什么("Why")需要推进开放科学这一问题;然后,回顾国内外开放科学实践进展,对比分析我国开放科学实践的不足之处,回答开放科学有哪些("What")实践内容这一问题;最后,提出我国开放科学的发展路径、展望全球开放科学的未来趋势并介绍全球开放科学云计划,回答怎样发展("How")开放科学这一问题。



## 1 开放科学的概念内涵与现实意义

从历史进程来看,不同历史时期的开放科学理论研究与发展实践程度不同,其内容形式在实践发展中不断完善,逐步形成了新的社会文化理念。不同倡导者对开放科学拥有不同的认识[34],相似的认识聚合形成了开放科学的不同思想流派[35]:开放科学的文化理念范式观认为开放科学是对传统封闭式科学思想的开放式表达[36-38],知识创新观认为开放科学是一种参与科技创新的知识生产机制[39-41]。本文认同的观点为"开放科学是指科学共同体遵循约定成俗的规则,将科学研究生命周期中的各项要素开放共享,被他人免费、及时、自由地使用并促进研究人员之间合作的一种新型科研方式,这种科研方式体现着自由、开放、合作、平等、共享等理念,其内涵包括了公众化、民主权、方法论、技术源和评价法等多个维度。"[42]

回顾开放科学的相关论述可以发现开放科学并非是完全创新的概念,而是在其他各类相关理念和实践基础之上演变而来的综合性概念体系,其内容元素几乎涵盖了有关科学研究和知识传播的所有层面:刘桂锋[43]等认为开放科学的具体内容包括开放科学政策、开放获取、开放数据、开放资源、开放同行评审等;寇蕾蕾[44]等将公民科学、开放创新、科学 2.0、众包、众筹等纳入了开放科学内容范畴;PARTHENOS[45]则将开放科学的内容领域扩充至开放科学云、开放科学技能与奖励、替代指标、研究完整性等。基于现有研究成果的分类方法,本文认为开放科学是一个包容性极强的生态体系,包含了政策、人力、技术、工具、设施等多类型资源要素,各类细分概念并非完全独立亦或相互替代,它们既有联系又有区别,具体为开放笔记本、开放教育资源、开放实验室、开放硬件、开源软件、开放数据、开放评估、众包、开放存储是开放科学最基本的组成要素,通过开放基础设施、公民科学、开放获取、开放出版、融合科学等形式助推实现开放科学总目标。

开放科学始于科学本身,实践于社会大众,服务于国家战略,其理论和实践意义是全方位的。①从科学研究角度来看,开放科学从根本上改变了科学研究的传播模式,最大程度消除了学术信息流动的技术障碍和资金困境,连接起被边缘化的弱势群体和新兴技术代理人,并与他们形成全新的互动社群。通过开放科学,利用集体智慧开展科学研究,一方面完善了科研工作者的个人成果,另一方面促进了科研理论与实践的交流[46],而知识交流又重新助推科学研究向前发展。②从社会管理角度来看,开放科学是创新主体对知识的披露行为和对创新能力的持续引入过程,这一理念为科技创新和社会变革注入了新的活力,为社会提供了更高层次的社会福利[47]。若干领域的开放科学实践对于提升大众认知水平、开拓民众视野、锻炼民众科学思维、提高民众知识产权意识等也有十分重要的意义。③从国家战略角度来看,开放科学可以被认为是一种迫切需求、一句奋斗口号、一个实践目标,总结囊括了所有希望通过技术手段实现技术工具与传统科学事业交互的美好愿望[48]。创新思维方法不断采用、重大科研成果持续涌现、民众科学素养稳步提升、科学家精神得以传承,将助推国家向着创新型国家和世界科技强国不断迈进。

## 2 国外开放科学实践动态

开放科学基础理论为开放科学划归了内涵和外延,使其呈现出丰富的内容体系,但从实践角度而言,

温亮明，李洋，郭蕾. 国内外开放科学的实践进展与未来探索[J]. 图书情报工作,2021,65(24):109-122.

并非所有的开放科学内容元素都具备良好的实践条件。通过文献调研和网络调研发现，当前国际开放科学实践仍主要围绕开放科学战略、开放基础设施、开放科学数据、开放获取期刊等方面开展，分别对应科学研究的顶层制度、条件基础、材料要素和最终产品，基本涵盖科学研究的生命周期。

## 2.1 开放科学战略的实践进展

开放科学不仅是一种研究范式，更是科学传统与信息通信技术工具之间的交互，代表着保密精神向新激励机制的突破，这种突破也推动着开放科学从学术运动逐步上升到国际/国家战略[49]。当前，世界各国在开放科学战略方面积极行动，已出台多项将开放科学纳入研究建议和计划的相应政策，相关实践主要集中在顶层设计、计划制定、路线图制定等方面，这些战略规划和政策措施有力地推动了开放科学进程向前发展。①在顶层设计方面：2012 年 4 月，欧洲科学院统筹组织(ALLEA)发表《面向 21 世纪的开放科学：面向所有欧洲学院的宣言》，呼吁科研资助机构全面贯彻开放科学原则[50]；2014 年，荷兰制定《开放科学与研究计划》并成立知识社会开放科学国家协调联盟[51]；2015 年，日本发布了《促进日本开放科学》的意见并于 2017 年成立开放科学促进委员会[52]；2018 年 7 月，美国国家科学院发布《开放科学设计：实现 21 世纪科研愿景》报告，提出了“开放科学设计”框架[53]；2019 年 7 月，塞尔维亚政府通过《科学与研究新法》，承认开放科学是科学研究的一项基本原则[54]。②在国家计划制定方面：2016 年，欧洲委员会发布《开放创新，开放科学，向世界开放》研究报告[55]，介绍欧洲已经采取或正在准备的行动，公布“欧洲开放科学议程”并推出“欧洲云计划”；2017 年 2 月，荷兰启动开放科学国家计划，发布《荷兰开放科学宣言》，启动“开放科学国家平台”建设[56]；2018 年 4 月，法国高等教育研究创新部发布《法国开放科学国家计划》并做出三项承诺：开放访问出版物、开放访问研究数据、参与欧洲和国际开放科学活动[57]。③在路线图制定方面：2014 年，芬兰率先制定了开放科学路线图；2015 年，欧洲委员会将开放科学列为战略性优先领域之一[58]；随后联合国粮农组织、欧盟、波兰、联合国教科文组织、法国、加拿大等国家和国际组织也开始制定并发布开放科学相关路线图，从科学研究、硬件设施、云基础设施、文化建设等不同方面对开放科学的未来发展进行擘画，如表 1 所示：

表 1 国际开放科学路线图概况

| 路线图名称 | 发布机构 | 发布时间 |
|---|---|---|
| 《开放科学与研究路线图(2014-2017)》[59] | 芬兰教育与文化部 | 2014 年 11 月 |
| 《全球开放科学硬件路线图》[60] | 联合国粮食与农业组织 | 2017 年 12 月 |
| 《EOSC 实施路线图》[61] | 欧盟委员会 | 2018 年 3 月 |
| 《开放科学及其在大学中的作用：文化变革的路线图》[62] | 欧洲研究型大学联盟 | 2018 年 5 月 |
| 《LIBER 开放科学路线图》[63] | 欧洲研究型图书馆协会 | 2018 年 7 月 |
| 《波兰研究基础设施路线图》[64] | 波兰科学和高等教育部 | 2019 年 6 月 |
| 《UNESCO 关于开放科学建议书的综合路线图》[65] | 联合国教科文组织 | 2019 年 8 月 |
| 《欧洲研究基础设施路线图(2021)》[66] | 欧洲研究基础设施战略论坛 | 2019 年 9 月 |
| 《CNRS 开放科学路线图》[67] | 法国国家科研中心 | 2019 年 11 月 |
| 《开放科学路线图》[68] | 加拿大科学顾问办公室 | 2020 年 2 月 |

## 2.2 开放基础设施的实践进展

随着开放科学进程推进，科学家们设想构建一种软硬件兼容的平台来整合已有数据资源、软件代码、科学推理、问题描述等，科研基础设施成为实现此设想的有效途径之一[69]。从 20 世纪 90 年代着手建设科研基础设施共享中心起[70]，已有多个国家政府、国际组织、科研机构等布局规划或投资建设新一代科研基础设施，相关重要举措见表 2。

从表 2 可以看出，世界各国在开放基础设施建设方面成果显著，尤其是近十多年来开放科研基础设施建设更是进入“井喷”状态。经过近三十年发展，目前已建成的开放基础设施基本可分为五种类型[82]：开放获取基础设施(以 Open AIRE 为代表)、开放科研数据基础设施(以 ARDC 为代表)、开放可重复研究基础设施(以 COS 为代表)、开放科学评估基础设施(以 MOSP 为代表)、综合性开放科学基础设施等(以 EOSC 为代表)。以天文学领域的国际合作项目平方公里阵列(SKA)射电望远镜为例，其应用建设由 11 个核心国家的区域数据中心以及 100 多个科研机构协同完成，是人类有史以来在建的最大规模的天文实验装置，它集成天象观测、天文数据采集、天文数据存储、天文数据处理、国际合作研究、天文科学普及等多种功能，建设

表 2 开放基础设施相关重要举措

| 实践名目 | 实践主体 | 启动时间/年 |
|---|---|---|
| 启动“国家信息基础设施”计划[71] | 美国 | 1993 |
| 发起“欧洲开放获取基础设施”(OpenAIRE)项目[72] | 欧盟 | 2009 |
| 将建设“国家核心基础数据集”作为国家数据战略之一[73] | 英国 | 2012 |
| 成立非盈利组织“开放科学中心”(COS)[74] | 美国 | 2013 |
| 启动“国家信息基础设施”项目建设[75] | 英国 | 2015 |
| 启动“欧洲开放科学云”(EOSC)计划[76] | 欧盟 | 2016 |
| 发起“非洲开放科学平台”(AOSP)倡议[77] | 南非 | 2016 |
| 启动“研究数据共享基础设施”(ARDC)项目[78] | 澳大利亚 | 2018 |
| 主导建设“欧洲天文和粒子物理科学集群研究基础设施”(ESCAPE)[79] | 法国 | 2019 |
| 启动“国家文化遗产科研数据基础设施”(NFDI4Culture)项目[80] | 德国 | 2019 |
| 启动“开放科学平台”(MOSP)先导计划[81] | 马来西亚 | 2019 |

完成后将为人类探索宇宙起源创造新的机会[83]。

## 2.3 开放科学数据的实践进展

开放存取(Open Access,OA)仅仅迈出了开放科学的第一步,但开放科学的范围绝不仅限于此。科学共同体期望从研究过程的早期阶段就获得原始数据、初加工数据、数据处理过程、数据处理工具等科学数据资源。科学数据开放共享是公众参与科学研究、促进知识创新、改善服务质量、推动社会进步的必要条件[84],也是增强开放科学民主监督性、协商性和参与性的必要途径之一[85]。当前,开放科学数据相关实践主要集中在数据出版、会议研讨、政策制定、平台建设、科学研究等方面。①在数据出版方面:2009 年,*Earth System Science Data* 创刊,成为第一本以出版数据论文为核心的学术刊物,随后国际上出现了 *Scientific Data*(2014 年)、*Geoscience Data Journal*(2014 年)、*Polar Data Journal*(2017 年)等数据期刊。②在会议研讨方面:2012 年,美国国家研究委员会组织了“发展中国家共享科学数据案例研讨会”,并出版研讨会论文集[86];2014 年 8 月,国际科学理事会数据委员会(CODATA)发展中国家任务组联合多个国际组织召开“为科学和可持续发展而服务的发展中国家科学数据共享国际研讨会”,一致通过“发展中国家科学数据共享原则”[87];2019 年 9 月,CODATA 在北京召开“开放科学数据政策与实践”国际研讨会,讨论发布了《科研数据北京宣言》,提出了适应新开放科学范式的十条原则[88]。③在政策制定方面:2017 年 6 月,日本内阁府发布《创新集成战略》系列文件,提出将实施基于数据共享平台的数据驱动发展战略[89];2017 年 8 月,英国发布《英国新数据保护法案:改革计划》,增加了数据可携带权和被遗忘权,人们将会发现要求机构免费提供与自己有关的个人数据变得更加容易[90];2018 年 5 月正式实施的《一般数据保护条例》(GDPR)是当前世界上最严格的数据保护法律之一,开创了数据保护的欧盟模式[91]。④数据平台建设方面:不仅有“联合国数据”“非洲开放数据”“IMF 数据库”“OECD 图书馆”等领域性科学数据平台[92],也有 Dryad、eCrystals、SRDA 等综合性科学数据平台[93]。⑤在科学研究方面:N. A. Vasilevsky 等曾对 318 本学术期刊进行调研,发现已有 21% 的学术期刊明确要求将科学数据开放作为论文出版的必须条件之一[94];欧洲委员会的一项调研结果显示[95],截至 2019 年 10 月,全球 26 个主要国家的 149 家科研资助机构中有 41 家明确要求科学数据开放,有 22 家鼓励科学数据开放,全球 2 416 个科学数据存储库中有2 281个显示完全支持开放,有 120 个可以有条件开放。

## 2.4 开放获取期刊的实践进展

进入 Web 2.0 时代,科研成果的交流方式从“出版即完成”向“发布才开始”转变,开放获取(OA)成为新的学术成果传播模式和途径,其核心是借助互联网技术为学术同行提供科技论文首创者的研究成果[96]。当前,开放获取期刊相关实践主要集中在预印本平台、开放获取倡议计划、开放获取周、开放获取行动计划、学术机构与出版商合作等方面。①预印本平台的出现:开放获取的落地实践始于预印本平台,典型代表有 arXiv、medXiv、BioXiv、engrXiv、ChemRXiv、Figshare 等,以 arXiv 为例,其从 1991 年创立至 2020 年 1 月已存储科研论文超过 160 万篇,下载量逾 2.6 亿次。②开放获取倡议计划兴起:进入 21 世纪后,在《布达佩斯开放获取倡议》(2002 年 2 月)的带动下,国际上相继发起多项相关倡议并采取了尝试性行动,如《信息服务和知识自由获取格拉斯哥宣言》(2002 年 8 月)、《贝塞斯达开放获取出版宣言》(2003 年 6 月)、《OA2020:大规模学术期刊开放获取倡议》等。③开放获取周在全球举

办:从2009年起,开放获取周(Open Access Week,OA Week)开始在全球举办,经过十余届的发展,美国、英国、澳大利亚、日本、西班牙、中国等已成为OA Week的积极践行者[97]。④开放获取行动计划制定:从2012年起,开放获取被相关国际组织列为行动计划之一,全球研究理事会(GRC)先后发布了《出版物开放获取行动计划》、《GRC出版物开放获取行动计划实施调查》等多份指导性文件[98];2018年9月,欧盟委员会等发起了“S计划”(Plan S),要求所有受公共资金资助的科研成果在2020年后以开放获取的方式出版[99]。⑤学术机构与出版商的合作:2019年12月荷兰大学协会等机构与数据出版商爱思唯尔(Elsevier)达成框架协议,Elsevier旗下所属期刊完全向荷兰研究人员免费开放并支持科研人员发表开放获取型论文[100];2020年6月,美国加州大学与施普林格·自然签订为期4年的开放获取协议,创北美研究机构OA发表订单纪录[101]。从预印本平台到OA倡议,从OA Week到Plan S,开放获取期刊在不断发展中基本形成了绿色OA、金色OA、棕色OA、黑色OA、混合OA五种模式[102],不同模式代表着不同的“开放”程度。

## 3 开放科学实践的本土化思考

### 3.1 我国开放科学的实践回顾

面对国际开放科学浪潮,我国各利益相关机构也在积极行动。与国外实践类似,目前我国的开放科学实践也主要集中在开放基础设施、开放科学数据、开放获取期刊等方面。

#### 3.1.1 开放基础设施进展

围绕科学数据和科技论文开放共享,我国积极进行开放科研基础设施建设,在具体实践中形成了以“数据基础设施开放为主,科研仪器设备开放＋文献基础设施开放”为辅的实践局面。①在数据基础设施开放层面:“十二五”期间,中国科学院“中国科技资源整合与共享工程”成果之一的中国科学院数据云用户群体有15.7%来自境外;2016年,郭华东院士倡议发起了由48个国家、国际组织参与的“数字‘一带一路’”国际科学计划(DBAR),旨在通过建设地球大数据平台,为“一带一路”建设提供信息决策支持[103];部分高校也在积极建设开放科研数据基础设施[104],如复旦大学社会科学数据平台、武汉大学高校科学数据共享平台、华中科技大学中国高校社会科学数据中心、北京大学开放研究数据平台等。②在科研仪器设备开放层面:2015年,国务院发布《国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》[105];2018年2月,科学技术部会同财政部共同制定《国家科技资源共享服务平台管理办法》,通过规范科技资源共享服务平台行为推动科技资源向社会开放共享[106];2019年6月5日,科学技术部发布《国家科技资源共享服务平台优化调整名单》,对原有国家科技资源共享服务平台进行优化调整,暂时布局的20个国家科学数据中心已发展成为科学数据汇集、管理、共享、保存的重要基础设施[107];2020年6月至9月,科学技术部联合多部门进行了中央级高校和科研院所单位科研基础设施仪器共享评价考核工作[108]。③在文献基础设施开放层面:2013年,中国科学院启动建设开放获取论文发现平台GoOA,目前已推出开放获取论文发现平台、开放获取期刊投稿星级推荐、开放获取期刊TOP排行榜等服务产品[109];2016年6月,中国科学院科技论文预发布平台ChinaXiv正式上线提供服务,该平台目前已接收各学科领域科技论文近15 000篇[110],中国科学院半导体研究所还建立了国际上第一个半导体领域科技论文预发布平台JOSarXiv。

#### 3.1.2 开放科学数据进展

从20世纪80年代末期加入世界数据中心(World Data Center,WDC)开始至2001年底“科学数据共享工程”试点启动,再到参与签署《OECD公共资助研究数据开放获取宣言》,我国在科学数据开放共享方面持续行动,逐步形成了数据平台、数据出版、众包处理、数据交易等多种开放共享模式[111],在具体实践方面以“数据出版＋政策出台＋系列活动”为主。①在数据出版层面:中国科学院地理科学与资源研究所于2014年6月建成了“全球变化科学研究数据出版系统”,依托该系统先后创立了数据期刊《全球变化数据学报》(中英文)和《全球变化数据仓储》[112];2016年6月,国内第一本也是目前唯一面向多学科领域的专门数据期刊——《中国科学数据》正式创刊[113],当前已出版数据论文300余篇;《地理学报(数据版增刊)》《中国地质(数据版增刊)》《地球大数据》《图书馆杂志》等期刊也逐步支持领域科学数据集出版。②在政策出台方面:2018年3月,国务院印发《科学数据管理办法》,确定了科学数据“开放为常态,不开放为例外”的原则,从国家层面引导科学数据开放共享[114];2019年2月,中国科学院发布《中国科学院科学数据管理与开放共享办法(试行)》[115];2019年6月,国家微生物科学数据中心联合国内微生物领域科研机构、测序机构、学会、期刊等发起成立了微生物科学数据共享联盟[116];

2019 年 7 月,中国农业科学院印发《中国农业科学院农业科学数据管理与开放共享办法》[117]。③在系列活动举办方面:从 2013 年起,国家科技基础条件平台中心每年举办"共享杯"科技资源共享服务创新大赛,面向全国在校大学生、科研人员和创新企业开展双创实践活动;2014 年起,CODATA 中国委员会每年组织召开"中国科学数据大会",共话科学数据开放理论与技术方法;从 2016 年起,国家科技基础条件平台中心每年组织编写《国家科学数据资源发展报告》,盘点我国科学数据资源"家底"[118];从 2018 年起,北京大学主办"全国高校数据驱动创新研究大赛",鼓励各学科领域学子基于已共享数据进行创新研究。

#### 3.1.3 开放获取期刊进展

我国在学术期刊开放获取方面起步较晚,目前主要实践以"会议召开 + 政策出台 + 平台搭建"为主。①在会议层面:2010 年 10 月,中国科学院与德国马普学会共同举办"第八届国际开放获取会议",双方表示将推动成立开放获取全球研究理事会[119];从 2012 年起,"中国开放获取推介周"(China OA Week)至今已举办九届;2014 年 5 月底,中国科学院和国家自然科学基金委员会联合主办 GRC 第 3 次年度会议,"开放获取科学出版物"仍是年会主题之一,国务院总理李克强在大会致辞中表示中国支持建立科学知识开放获取机制[120]。②在政策层面:2014 年 5 月初,中国科学院和国家自然科学基金委员会分别发布公共资助科研项目发表的论文实行开放获取的政策声明,两份声明均明确要求受资助项目的科研成果必须存储在机构知识库中并在发表后 12 个月内向社会开放[121]。③在平台层面:2018 年初,中国国家新闻出版署发起"OSID 开放科学计划",每一篇被纳入 OSID 计划的期刊论文都将被自动分配 OSID 码,读者通过扫描 OSID 码即可获取论文语音介绍、论文基础数据、论文全文内容、著读交互问答等多种相关内容[122];2020 年 5 月,中国科学院文献情报中心与英国牛津大学出版社签订协议,支持中国科学院访问和发表开放出版论文,这是国内首个开放出版转换协议[123]。

### 3.2 我国开放科学的不足之处

尽管我国已积极进行开放科学实践并取得了一定成果,但与欧美等国家的实践内容相比,我国开放科学整体发展水平在制度规划、文化氛围、内容程度、品牌声誉等多个层面尚有提升空间。①顶层规划欠缺:据调研,当前国内针对开放基础设施的最高级别政策文件为《国家科技资源共享服务平台管理办法》,针对开放科学数据的最高级别政策文件为《科学数据管理办法》,但在开放科学整体以及在开放获取期刊、开源软件、开放评估、开放出版等重要的开放科学要素方面尚未出台国家级政策制度,更没统领开放科学全局的开放科学专项发展规划/开放科学路线图。②开放氛围寡淡:总体来看,我国开放科学实践主体基本以科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院等少数机构为主,其他部委、科研机构、高等院校的参与积极性和参与程度均较低,目前国内仅中国科学院明确声明支持预印本成果,而其他科研管理机构均只认可通过传统渠道发表的科研成果[124]。③开放程度不高:尽管开放获取期刊已在国内呼吁多年,但大部分科研人员仍在向学术期刊和文献出版商双头付费;已开放的基础设施也多为常人难以使用的精密装置,而常规仪器设备依然高锁阁楼[125];"开放科学计划(OSID)"是由国家编辑学会牵头发起的一项公益活动[126],仅针对学术期刊行业但以"开放科学"自居,有夸大之嫌。④品牌声誉羸弱:纵观国际开放科学标志性成果/事件,中国机构鲜有身影,在诸多领域存在感较弱,以机构知识库为例,至 2020 年底开放知识库目录(OpenDOAR)收录的中国机构知识库仅有 60 个,仅占美国收录数的 6.6%[127];当前被 Springer Nature 收录推荐的 7 家通用型数据存储库中仅 ScienceDB 由中国自主建设。

以上不足之处并非因某单个群体的行为所致,是多种因素的综合结果导向:①长期以来,我国在国际重要开放科学事务中大多在追随发达国家脚步,未能形成具有中国特色的开放科学理论和实践体系,未能在全球开放科学体系中掌握绝对话语权。②全社会尚未真正形成开放科学文化,在利他主义动机、追求利益动机、名誉权与尊重动机、团队情感动机等的影响下,传统封闭式科学思想依然根深蒂固,社会大众尚未对开放科学形成广泛的文化共识[128]。③利益相关者对开放科学的概念内涵存在认识差异,陷入开放科学等于开放获取期刊、开放科学等于开放数据、开放科学等于开放基础设施等知识误区,片面的开放科学观模糊了开放科学的内容体系和要素边界,对开放科学重要性和必要性的认识差异使得不同部门各自为政甚至互相制约。④我国的确未能真正产生具有全球影响力的开放科学成果,国内机构未能对现有实践成果进行及时包装宣传也可能造成中国声音微弱,出于学术影响力考虑,国内学者在发表成果时更倾向于选择具有一定国际知名度的期刊、存储库、软件工具等。⑤现行知识产权制度落后于开放科学实践需要,尤其在科学数据

温亮明，李洋，郭蕾. 国内外开放科学的实践进展与未来探索[J]. 图书情报工作,2021,65(24):109－122.

开放共享过程中数据的采集权、保存权、知情权、使用权、所有权等变得模糊，这可能破坏科研人员的内在开放动机并影响科研人员的共享积极性。此外，隐私问题、安全问题、伦理问题也是阻碍开放科学实践的重要因素，如为避免隐私泄露而不能未经同意许可就共享个人医疗健康、时空轨迹、消费交易数据[129]，为了避免重要科学数据流向境外而强制要求在国内平台先行存储[130]，为了评估伦理争议性科研成果而引入社会化评议和推行技术中立观点[131]。

### 3.3 我国开放科学的发展路径

开放科学不仅是一种理想化的理念倡议，更是一项复杂的系统化事业，要想实现完全的开放科学依然困难重重[132]，资源、技术、制度缺一不可。开放科学的良好发展，需要从国家战略规划、社会环境营造、个体理念转变等多方面系统推进。

#### 3.3.1 国家层面：制定开放科学推进战略

UNESCO 已经将开放科学列为未来十年的重要议程之一，并于 2019 年启动了《UNESCO 开放科学建议书》制定事宜，建议各会员国根据本国实际情况落实推进。在此背景下，我国需要切实认清开放科学全球化发展趋势，以联合国《2030 年可持续发展议程》为最终目标，邀请利益相关方就未来 10－15 年世界开放科学发展态势进行讨论研判，立足我国开放科学实践现状，制定具有中国特色的开放科学国家战略规划，现有的若干开放科学路线图可为我们提供参考模板。

#### 3.3.2 社会层面：营造开放科学文化环境

各利益相关机构要切实提高政治站位，从组织机构、配套措施、人财物力等方面加快推进落实开放科学国家战略，可成立由国家部委领导/领域专家组成的国家开放科学领导/指导小组，在若干重点领域可制定 3－5 年期开放科学短期发展规划，选择若干代表性机构进行为期 1－2 年的开放科学试点工程并做好宣传推广，制定详细具体的开放科学评价考核体系和激励机制并划拨开放科学专项经费，营造“人人都是开放科学参与者、人人都是开放科学受益者”的良好文化氛围。

#### 3.3.3 个体层面：提升开放科学技能素养

一线科研人员要熟练掌握开源软件工具、开源数据存储库、科研众包平台等的使用技能，能够从容处理科学资源获取、科学数据处理、科技论文撰写、科研成果发布等问题；科研管理人员要增强热点追踪力、政策理解力、方向谋划力，能够敏锐捕捉开放科学重大事件、全面传达国家政策文件精神、准确制定本领域/单位开放科学实施方案；科研服务人员要紧追国际开放科学发展态势，及时宣讲最新开放科学政策、推荐优质开放科学资源、发布最新开放科学成果，协助解决知识产权纠纷。

## 4 开放科学的未来探索

### 4.1 开放科学的未来趋势展望

纵观开放科学的全球发展态势，在需求、政策、技术等多重因素的推动下，开放科学的内涵和外延仍在不断深化和扩展，开放科学的未来发展趋势日渐明朗。图 1 勾勒了理想化的开放科学未来场景：

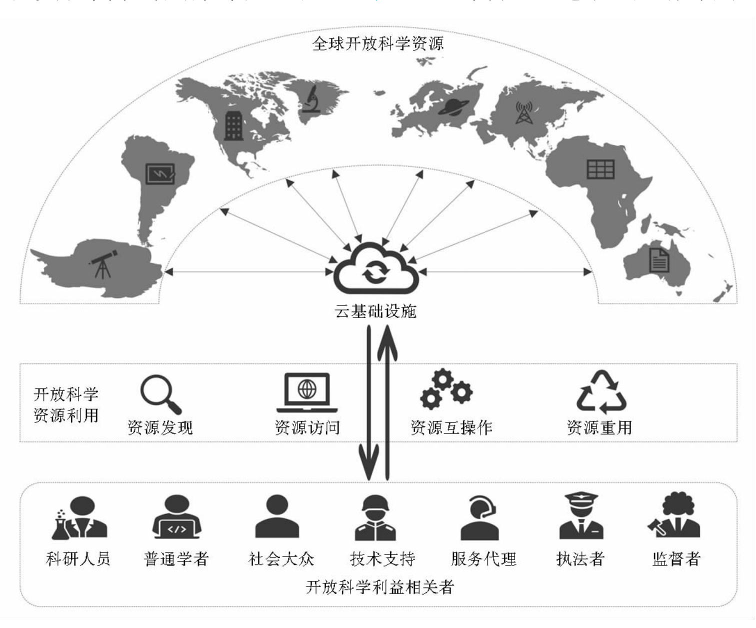



图 1 开放科学理想型态

#### 4.1.1 开放理念全球化

科学发展面临的挑战具有全球性,科学共同体对涵盖开放科学各层面的全球性规则框架有了更加强烈的需求,如联合国可持续发展目标、新冠肺炎疫情、全球气候变化等科学问题与社会挑战的复杂度已经超出单个国家、机构、学科的处理能力,全人类是休戚与共的命运共同体,当务之急是确保各国家、地区在开放科学问题上形成统一意见。2019 年初,国际科学理事会(ISC)提出了三年行动计划《推动科学成为全球公益事业》[133];2019 年 11 月,第 40 届 UNESCO 大会期间,193 个会员国决定制定《联合国教科文组织开放科学建议书》以吸纳能被普遍接受的开放科学政策建议并提出开放科学的具体措施[134];2020 年,欧洲委员会也给出了开放科学的未来十年愿景[135],即“到 2030 年,开放科学已经成为现实,全世界科研工作者将有一系列新的机会参与全球科学研究”。

#### 4.1.2 开放资源 FAIR 化

在数据驱动型科研范式下,自动化方法、人工智能技术、超级计算软件等已被用来处理庞大而分散的跨学科资源,这些技术方法的使用需要随需随用、无处不在且无缝连接式的科研资源供给,但现实情况是一些描述性文字、图像、表格等仍然难被计算机识别、读取、理解和互操作[136]。2014 年 1 月,FAIR 原则被提出,其主要思想是为每一个数字对象分配一个全球唯一的数据标识符(Data Identifier, DID),使科研资源更易于被机器发现(Findable)、访问(Accessible)、互操作(Interoperable)和重用(Reusable),最终形成一个“FAIR 化”的数据和服务网络[137]。随后,利益相关者发起了 GO FAIR 运动,试图通过改变现有文化、培训数据馆员、构建技术标准等活动积极推进 FAIR 原则落地实现。欧盟已将 FAIR 原则作为未来科研环境建设和政策制定的基本原则,欧洲 FAIR 数据实践培育(FAIRsFAIR)项目已于 2019 年 3 月启动。

#### 4.1.3 开放体系生态化

开放科学的本质是一条以开放数据为基础的、利益相关者突破条件障碍进行知识深度分析与复用、协作参与科技创新的生态链[138]。从当前实践来看,开放科学的各层面还相对零散,未能形成综合性的生态体系。世界各国正在积极倡导全民参与、共同构建一个具有正向反馈机制的、互惠互利的开放科学生态体系框架。该体系框架将提供一个创造、管理和维护开放科学倡议的环境,由目标相似的利益相关者共同构成一个开放性网络,每个参与者在网络中扮演不同角色,直接或间接地产生、提供或消费科研资源(如软件工具、计算服务、基础设施、学术活动、政策制度等)[139],通过某种特定关系与其他开放性网络进行连接,参与者之间的协作竞争最终促进了开放科学生态系统完成自我“进化”。

#### 4.1.4 开放操作云端化

开放科学参与者分布于全球各地,如果所有事务都通过线下交流不仅低效而且成本高,因此有了对远程即时交互协作科研方式的需求,愈发成熟的云服务模式为开放科学事务云端处理提供了可能[140]。以中国科技云(CSTCloud)为例,其目前可面向众多学科领域提供计算租赁、空间存储、网络带宽、平台社区、科学软件、运行维护、数据信息、安全认证等服务内容,已为多个重大科研项目提供支撑服务,初步显现出“科研专有云”“开放云”“全球合作云”的特征。全球新冠肺炎疫情防控实践已经表明,在面对突发性重大公共卫生事件时,通过云端进行科研资料传输、联邦分析、成果共享、交流讨论十分必要且具有一定可行性,资源开放共享与跨域协作创新将成为社会新常态[141]。

### 4.2 全球开放科学云的实践探索

鉴于开放科学对科研资源供给形式的动态化、多样化、即时性需求,科学家正在探索建立一个全球性的合作框架来协调和联合各类开放科学资源。2019 年 10 月,CSTCloud 团队于 CODATA 北京会议期间开创性地提出了建设“全球开放科学云”(Global Open Science Cloud,GOSC)设想,图 2 展示了 GOSC 的概念框架:

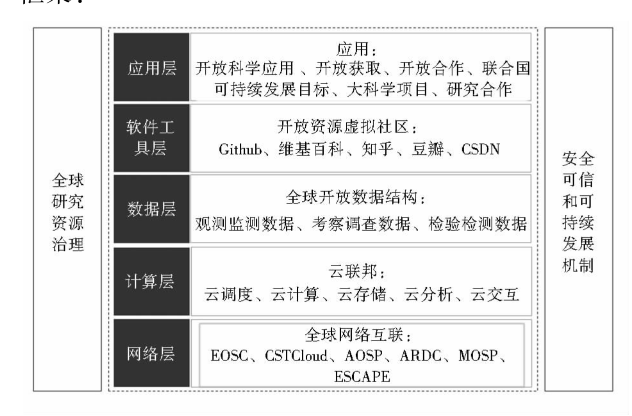



图 2 GOSC 概念框架

GOSC 的愿景是通过统一的政策制度、互操作协议、可持续机制、典型应用场景等关键行动,联合数字基础设施、技术专家、数据科学家、政策制定者、政策研究者、虚拟学术社区等利益相关者,共同设计研究架

构、共同开发支撑软件、共同部署测试平台以连接不同国家和地区的开放科学云平台，构建用于全球合作和开放科学的跨洲际联邦数字基础设施和虚拟研究环境，为全球科研工作者提供网络互联、计算联邦、数据FAIR化、授权认证交互等云服务[142]。GOSC的最终使命是使世界各地的科研资源得到最大化利用，协助填补不同群体之间的基础设施和技术能力鸿沟，支持全球科学长期合作，真正促进国际科学事业可持续发展。GOSC倡议提出后得到全球多个国际组织的广泛支持，多个科研机构积极响应并参与GOSC建设，图3展示了GOSC的部分代表性事件：

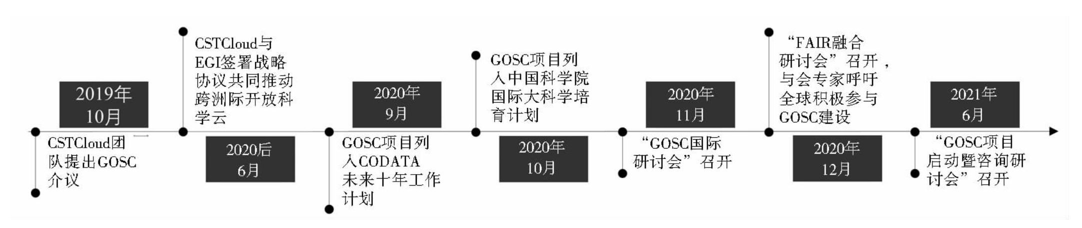



图3　GOSC建设代表性事件

目前，CSTCloud已与EOSC核心机构欧洲网格基础设施（European Grid Infrastructure，EGI）实现授权认证系统的互操作，后续双方将继续在跨洲际开放科学云环境构建、跨洲际云联邦核心技术研发、开放科学云治理政策研究等方面展开合作[143]。未来，GOSC将在全球范围内寻求建立更广泛互信的合作对话机制，持续推进全球科研资源协作共享和开放科学云联邦基础设施广泛互联互通，为“一带一路”倡议提供支撑服务。

## 5　结语

开放科学的产生既有科学自身发展的内生驱动，又有政策、技术、资源的外部助推，更与相关实践活动互相成就。开放科学趁势而兴，无论对科学研究本身还是利益相关者都意义重大。通过开放科学，科学研究的生命周期大幅缩短，科研活动的可见性和参与度得到增强，科研产出的速度和效率显著提升，一些新的科学问题被发现并得以解决，各类要素汇聚形成了开放科学共同体。尽管开放科学理念已基本深入人心，但当前国内外开放科学实践仍主要围绕开放科学战略、开放基础设施、开放科学数据、开放获取期刊等方面开展，内容覆盖面尚不足全面展示开放科学全貌，开放科学的藩篱依然存在，要想实现完全的开放科学依然困难重重。与欧美等国家良好的开放科学实践成效相比，我国在制度规划、开放氛围、开放程度、品牌声誉等方面尚有提升空间，需要国家、社会、个体多方努力围绕开放科学全流程探索适合我国国情的发展路径。面向未来，开放科学的实践探索永不停息，其前景将是全球科学共同体达成开放科学共识，资源、技术、工具、政策、人力等共同汇聚构成完整的开放科学生态体系，科学成果通过云端在全球范围内实现FAIR化交互。

**参考文献：**

[1] SVIRSKY M A. Editorial: preregistration and open science practices in hearing science and audiology: the time has come[J]. Ear and hearing, 2020, 41(1): 1－2.

[2] RENTIER B. Open science: a revolution in sight? [J]. Interlending & document supply, 2016, 44(4): 155－160.

[3] KROES N. Opening science through e-Infrastructures[EB/OL]. [2021－02－11]. https://ec. europa. eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_12_258.

[4] UNESCO. UNESCO mobilizes 122 countries to promote open science and reinforced cooperation in the face of COVID-19[EB/OL]. [2021－02－11]. https://en. unesco. org/news/unesco-mobilizes-122-countries-promote-open-science-and-reinforced-cooperation-face-covid-19.

[5] 中国政府网. 李克强与外国专家座谈：科学一定要合作和开放[EB/OL]. [2021－02－25]. http://www. gov. cn/xinwen/2021-02/03/content_5584619. htm.

[6] 黄磊，赵延东，何光喜. 从开放获取到开放科学的变化与挑战——基于多指标比较的文献计量分析[J]. 科技管理研究，2020，40(11):241－251.

[7] 温亮明，李洋，郭蕾. 我国开放科学研究：基础理论、实践进展与发展路径[J/OL]. 图书馆论坛:1－14[2021－09－07]. http://kns. cnki. net/kcms/detail/44. 1306. G2. 20210901. 1117. 004. html.

[8] 黄如花，赵洋，黄雨婷. 国际开放科学研究进展[J]. 图书情报工作，2021，65(1)：140－149.

[9] 许扬，刘雪梅. 基于区块链的开放科学生态系统研究进展[J]. 中华医学科研管理杂志,2020,33(1):2－8.

[10] 毕达天，曹冉，杜小民. 科学数据共享研究现状与展望[J].

图书情报工作, 2019, 63(24): 69-77.
[11] 姜鑫. 科学数据开放政策研究现状分析及未来研究动向评判[J]. 现代情报, 2016, 36(2): 167-170, 177.
[12] 高芳, 王艺颖. 法国开放科学顶层设计与实践进展分析及启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2021, 36(5): 1-11.
[13] 张伶, 祝忠明, 寇蕾蕾. 欧洲开放科学推进发展的体系与实践路径[J]. 图书情报工作, 2020, 64(10): 118-127.
[14] 刘文云, 刘莉. 欧盟开放科学实践体系分析及启示[J]. 图书情报工作, 2020, 64(7): 136-144.
[15] 黄雨婷, 赖彤. 美国开放科学中心:实践进展、特点与启示[J]. 图书与情报, 2019, 40(3): 105-113.
[16] 郭翊. 日本开放科学的发展、现状以及对我国的启示[J]. 晋图学刊, 2021, 37(2): 71-79.
[17] 刘凤红, 彭琳. 国际数据期刊的发展现状调查与分析[J]. 中国科技期刊研究, 2019, 30(11): 1129-1134.
[18] 曾燕, 龙艺璇, 王胜兰, 等. 开放科学社区发展现状、挑战与政策建议[J]. 中国科学基金, 2019, 33(3): 253-260.
[19] 李云婷, 温亮明, 张丽丽, 等. 科学数据共享系统的现状与趋势[J]. 农业大数据学报, 2019, 1(4):86-97.
[20] 温亮明, 郭蕾, 王晓东, 等. 基于关联规则的国内外数据期刊载文特征比较分析——以《Scientific Data》和《中国科学数据》为例[J]. 情报科学, 2019, 37(1): 112-121.
[21] 张丽丽, 温亮明, 石蕾, 等. 国内外科学数据管理与开放共享的最新进展[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(8): 774-782.
[22] 邱春艳, 黄如花. 近 3 年国际科学数据共享领域新进展[J]. 图书情报工作, 2016, 60(3): 6-14.
[23] 张恬, 刘凤红. 数据出版新进展[J]. 中国科技期刊研究, 2018, 29(5): 453-459.
[24] 谭健. 开放数据及其应用现状[J]. 图书与情报, 2011, 32(4): 42-47.
[25] 褚鸣. 国外社会科学开放获取学术期刊的发展现状探讨[J]. 国外社会科学, 2006, 29(6): 68-71.
[26] 张召琪, 张会田, 巩林立, 等. 学术信息开放存取的现状与趋势[J]. 情报杂志, 2006, 25(4): 131-133.
[27] 温亮明, 李洋. 我国科学数据开放共享模式、标准与影响因素研究[J]. 图书情报研究, 2021, 14(1): 33-41.
[28] 陈传夫, 李秋实. 数据开放获取使科学惠及更广——中国开放科学与科学数据开放获取的进展与前瞻[J]. 信息资源管理学报, 2020, 10(1):4-13.
[29] 王雅娇, 杨建肖, 刘伟霄. 基于开放科学计划的学术期刊出版融合现状及分析[J]. 中国编辑, 2020, 18(4):93-98.
[30] 党洪莉. 社会科学数据的开放与共享:发展现状、障碍与出路[J]. 图书馆理论与实践, 2018, 40(5): 70-74.
[31] 宋立荣, 刘春晓. 我国大型科学仪器设备资源开放共享建设进展分析[J]. 中国基础科学, 2014, 16(3):16-21.
[32] 余倩. 中国人文社会科学期刊开放存取现状研究[J]. 图书馆学研究, 2018, 39(14): 71-76.
[33] 盛慧, 余克萍. 我国开放存取的发展现状及应对策略[J]. 情报探索, 2008, 22(6): 6-8.
[34] MIROWSKI P. The future(s) of open science[J]. Social studies of science, 2018, 48(2):171-203.
[35] FECHER B, FRIESIKE S. Open science: one term, five schools of thought[A]. BARTLING S, FRIESIKE S. Opening science. Berlin: Springer, 2014: 17-47.
[36] UNESCO. Towards a UNESCO recommendation on open science [EB/OL]. [2021-02-12]. https://en. unesco. org/sites/default/files/open_science_brochure_en. pdf.
[37] WATSON M. When will 'open science' become simply 'science'? [J]. Genome Biology, 2015, 16(1): 101.
[38] 刘春丽, 徐跃权. 开放科学和开放数据环境中专业图书馆的新角色[J]. 图书馆建设, 2014(2): 83-88.
[39] EUROPEAN COMMISSION. Europe's future: open innovation, open science, open to the world[EB/OL]. [2021-02-13]. http://ec. europa. eu/research/openvision/pdf/publications/ki0217113enn. pdf.
[40] MUKHERJEE A, STERN S. Disclosure or secrecy? The dynamics of open science[J]. International journal of industrial organization, 2009, 27(3): 449-462.
[41] 陈秀娟, 张志强. 开放科学的驱动因素、发展优势与障碍[J]. 图书情报工作, 2018, 62(6): 77-84.
[42] 武学超. 开放科学的内涵、特质及发展模式[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(20): 7-12.
[43] 刘桂锋, 钱锦琳, 田丽丽. 开放科学:概念辨析、体系解析与理念探析[J]. 图书馆论坛, 2018, 38(11): 1-9.
[44] 寇蕾蕾, 祝忠明, 张伶, 等. 开放科学视域下科研众包平台的功能与服务研究——以 Daemo 平台为例[J]. 图书馆学研究, 2020(5): 59-66.
[45] PARTHEN O S. Open data, open access and open science[EB/OL]. [2021-02-14]. https://training. parthenos-project. eu/sample-page/manage-improve-and-open-up-your-research-and-data/open-data-open-access-and-open-science/.
[46] TACKE O. Open science 2.0: how research and education can benefit from open innovation and Web 2.0[C]//BASTIAENS T J, BAUMOL U, KRAMER B J. On collective intelligence: advances in intelligent and soft computing. Berlin: Springer, 2011: 37-48.
[47] 张学文. 开放科学的动机: 基于两部门科学家的实证研究[J]. 科学学研究, 2014, 32(11): 1620-1629, 1722.
[48] HALL R. Information technology for open science: innovation for research[EB/OL]. [2021-02-17]. https://er. educause. edu/articles/2020/12/information-technology-for-open-science-innovation-for-research.
[49] 段美珍, 顾立平, 赵昆华. 2015-2016 年国际开放获取相关政策与实践进展[J]. 图书情报工作, 2017, 61(18): 19-28.

[50] UNESCO. Open science for the 21st century: declaration of all European academies[EB/OL]. [2021－02－24]. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/news/ALLEA%20Declaration%20on%20Open%20Science.pdf.

[51] OPEN SCIENCE NATIONAL COORDINATION FEDERATION OF FINNISH LEARNED SOCIETIES. Open science and research initiative[EB/OL]. [2021－02－24]. https://avointiede.fi/en/policies/policies-open-science-and-research-finland/open-science-and-research-initiative.

[52] CABINET OFFICE. Promoting open science in Japan[EB/OL]. [2021－02－24]. https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/open-science/150330_openscience_summary_en.pdf.

[53] BOARD ON RESEARCH DATA AND INFORMATION, POLICY AND GLOBAL AFFAIRS, MEDICINE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING. Open science by design: realizing a vision for 21st century research[EB/OL]. [2021－02－25]. https://www.nap.edu/catalog/25116/open-science-by-design-realizing-a-vision-for-21st-century.

[54] EIFL. Open science included in New Serbian Law[EB/OL]. [2021－02－26]. https://www.eifl.net/news/open-science-included-new-serbian-law.

[55] EUROPEAN COMMISSION. Open innovation, open science, open to the world-a vision for Europe[EB/OL]. [2021－02－24]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-innovation-open-science-open-world-vision-europe.

[56] OPEN SCIENCE MONITOR CASE STUDY. The Netherlands' plan on open science[EB/OL]. [2021－02－25]. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/open_science_monitor_case_study_-_npos.pdf.

[57] LIBER. France's national plan for open science[EB/OL]. [2021－02－25]. https://libereurope.eu/article/frenchopen-scienceplan/.

[58] EUROPEAN COMMISSION. New trends in open science[EB/OL]. [2021－02－24]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-science-focus.

[59] OPASNET. Open science and research roadmap 2014－2017[EB/OL]. [2021－02－26]. http://en.opasnet.org/en-opwiki/index.php? title=Open_science_and_research_roadmap_2014%E2%80%932017&oldid=34384.

[60] FAO. Global open science hardware roadmap[EB/OL]. [2021－02－27]. https://openhardware.science/wp-content/uploads/2017/12/GOSH-roadmap-smll.pdf.

[61] EUROPEAN COMMISSION. Implementation roadmap for the european open science cloud[EB/OL]. [2021－02－27]. http://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/swd_2018_83_f1_staff_working_paper_en.pdf#view=fit&pagemode=none.

[62] LERU. Open science and its role in universities: a roadmap for cultural change[EB/OL]. [2021－02－27]. https://www.leru.org/files/LERU-AP24-Open-Science-full-paper.pdf.

[63] LIBER. LIBER open science roadmap[EB/OL]. [2021－02－27]. https://libereurope.eu/wp-content/uploads/2020/09/LIBER_OSR_A5-ONLINE-HR-1.pdf.

[64] MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION. Polish roadmap for research infrastructures[EB/OL]. [2021－02－28]. https://www.gov.pl/web/science/polish-roadmap-for-research-infrastructures.

[65] UNESCO. Consolidated roadmap for a possible UNESCO recommendation on open science[EB/OL]. [2021－02－28]. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000369699.

[66] ESFRI. European roadmap for research infrastructures (2021)[EB/OL]. [2021－02－28]. https://www.esfri.eu/sites/default/files/ESFRI_Roadmap2021_Public_Guide.pdf.

[67] CNRS. CNRS roadmap for open science[EB/OL]. [2021－02－28]. https://www.science-ouverte.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/11/CNRS_Roadmap_Open_Science_18nov2019.pdf.

[68] OFFICE OF THE CHIEF SCIENCE ADVISOR. Roadmap for open science[EB/OL]. [2021－03－01]. https://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/eng/h_97992.html.

[69] MASUM H, RAO A, GOOD B M, et al. Ten simple rules for cultivating open science and collaborative R&D[J]. PloS computational biology, 2013, 9(9): 1－4.

[70] PRYTKOV G V, TSVETUS N Y, BALYAKIN A A, et al. Scientific cooperation between Russia and the EU in the development and use of large research infrastructure[J]. European research studies journal, 2017(3A): 338－353.

[71] CONGRESS. National information infrastructure act of 1993[EB/OL]. [2021－02－22]. https://www.congress.gov/bill/103rd-congress/house-bill/1757.

[72] GHENT UNIVERSITY. Research infrastructures - OpenAire 2020[EB/OL]. [2021－02－22]. https://www.ugent.be/en/research/research-ugent/trackrecord/eu-trackrecord/h2020/collaborative-h2020/infrastructure/ri-openaire2020.htm.

[73] GOV.UK. Common basic data set(CBDS): Database[EB/OL]. [2021－02－22]. https://www.gov.uk/government/publications/common-basic-data-set-cbds-database.

[74] COS. About the center for open science[EB/OL]. [2021－02－22]. https://www.cos.io/.

[75] INFORMATION POLICY TEAM, THE NATIONAL ARCHIVES. The national information infrastructure(NII) implementation document[EB/OL]. [2021－02－23]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/416472/National_Infrastructure_Implementation.pdf.

[76] EOSC. Policy landscape review[EB/OL]. [2021－02－23]. https://www.eoscpilot.eu/content/d31-policy-landscape-review.

[77] NATIONAL RESEARCH FOUNDATION. NRF south africa to host the AOSP project office[EB/OL]. [2021 - 02 - 23]. https://www. nrf. ac. za/media-room/news/nrf-south-africa-host-aosp-project-office.

[78] BARKER M, WILKINSON R, TRELOAR A. The Australian research data commons[J]. Data science journal, 2019, 18(44): 1 - 7.

[79] CORDIS. European science cluster of astronomy & particle physics ESFRI research infrastructures[EB/OL]. [2021 - 02 - 24]. https://cordis. europa. eu/project/id/824064.

[80] ALTENHONER R, BLUMEL I, BOEHM F, et al. NFDI4Culture - consortium for research data on material and immaterial cultural heritage[J]. Research ideas and outcomes, 2020(6): e57036.

[81] ACADEMY OF SCIENCES MALAYSIA. What is Malaysia open science platform? [EB/OL]. [2021 - 02 - 24]. https://www. akademisains. gov. my/mosp/about/what-is-malaysia-open-science-4platform/.

[82] 赵展一, 黄金霞. 开放科学基础设施的信息资源建设模式分析[J]. 图书馆建设, 2021(3): 46 - 55.

[83] 安涛, 武向平, 洪晓瑜, 等. SKA 大数据的科学应用和挑战[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(8): 113 - 118.

[84] GEWIN V. Data sharing: an open mind on open data[J]. Nature, 2016(529): 117 - 119.

[85] RUIJER E, GRIMMELIKHUIJSEN S, MEIJER A. Open data for democracy: developing a theoretical framework for open data use[J]. Government information quarterly, 2017, 34(1): 45 - 52.

[86] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. The case for international sharing of scientific data: a focus on developing countries: proceedings of a symposium[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.

[87] UHLIR P F, 刘闯, SIMON H, 等. 发展中国家数据共享原则(内罗毕数据共享原则)[J]. 全球变化数据学报(中英文), 2017, 1(1): 12 - 15, 135 - 138.

[88] CODATA. The Beijing declaration on research data[EB/OL]. [2021 - 02 - 21]. https://codata. org/the-beijing-declaration-on-research-data/.

[89] CABINET OFFICE. Integrated innovation strategy [EB/OL]. [2021 - 02 - 21]. https://www8. cao. go. jp/cstp/english/doc/integrated_main. pdf.

[90] 邓辉. 英国新数据保护法案:改革计划[J]. 中国应用法学, 2017, 1(6): 167 - 184.

[91] 盛小平, 杨绍彬. GDPR 对科学数据开放共享个人数据保护的适用性与作用分析[J]. 图书情报工作, 2020, 64(22): 48 - 57.

[92] 熊易. 国际开放科学数据实证资源及利用研究[J]. 图书馆理论与实践, 2016, 38(1): 12 - 14.

[93] 余文婷. 开放科学数据仓储资源开发模式比较分析——以 SRDA、eCrystals 和 Dryad 为例[J]. 图书馆学研究, 2014(11): 58 - 62, 92.

[94] VASILEVSKY N A, MINNIER J, HAENDEL M A, et al. Reproducible and reusable research: are journal data sharing policies meeting the mark? [J]. PeerJ, 2017, 5(5): 1 - 18.

[95] EUROPEAN COMMISSION. Facts and figures for open research data[EB/OL]. [2021 - 02 - 21]. https://ec. europa. eu/info/research-and-innovation/strategy/goals-research-and-innovation-policy/open-science/open-science-monitor/facts-and-figures-open-research-data_en.

[96] SINGH R, CHANDER H. Scholarly open access publishing: growth of LIS open access journals visible through directory of open access journals [J]. Library philosophy and practice, 2018(1749): 1 - 11.

[97] 邵曾婷, 王译晗, 叶钰铭, 等. 从开放获取到开放科学: 开放获取周的主题、内容演变与启示[J]. 图书情报工作, 2020, 64(14): 13 - 25.

[98] EUROPEAN COMMISSION. GRC publications [EB/OL]. [2021 - 02 - 18]. https://www. globalresearchcouncil. org/grc-publications/? tx_kesearch_pi1%5Bsword%5D = &tx_kesearch_pi1%5Bpage%5D = 5&cHash = 11d28e9bd7ebe1056db786e493a1818e.

[99] MAY C. Academic publishing and open access: costs, benefits and options for publishing research[J]. Politics, 2020, 40(1): 120 - 135.

[100] UNIVERSITEIT LEIDEN. Elsevier and the Dutch open science goals[EB/OL]. [2021 - 02 - 18]. https://leidenmadtrics. nl/articles/s-de-rijcke-cwts-leidenuniv-nl.

[101] OFFICE OF SCHOLARLY COMMUNICATION, UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Springer nature transformative open access agreement [EB/OL]. [2021 - 02 - 18]. https://osc. universityofcalifornia. edu/uc-publisher-relationships/springer-nature-transformative-oa-agreement/.

[102] PIWOWAR H, PRIEM J, LARIVIERE V, et al. The state of OA: a large-scale analysis of the prevalence and impact of open access articles[J]. PeerJ, 2018(6): e4375.

[103] 郭华东, 刘洁, 陈方. “数字丝路”国际科学计划(一期)进展[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(增刊2): 55 - 60.

[104] 涂志芳, 杨志萍. 我国科学数据管理与共享实践进展:聚焦两种主要模式[J]. 图书情报知识, 2021, 39(1):103 - 112.

[105] 中国政府网. 国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见[EB/OL]. [2021 - 03 - 03]. http://www. gov. cn/zhengce/content/2015-01/26/content_9431. htm.

[106] 科学技术部. 科技部 财政部关于印发《国家科技资源共享服务平台管理办法》的通知[EB/OL]. [2021 - 03 - 04]. http://www. most. gov. cn/fggw/zfwj/zfwj2018/201802/t20180227_138269. htm.

[107] 崔雁. 科学数据开放中数据中心政策分析与建议[J]. 图书

情报工作, 2016, 60(8): 73 - 78.

[108] 科学技术部. 科技部办公厅 财政部办公厅关于发布2020年中央级高校和科研院所等单位重大科研基础设施和大型科研仪器开放共享评价考核结果的通知[EB/OL]. [2021 - 03 - 04]. http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/qtwj/qtwj2020/202011/t20201123_159723.html.

[109] 中国科学院文献情报中心. 关于GoOA[EB/OL]. [2021 - 03 - 03]. http://gooa.las.ac.cn/external/about-us.jsp.

[110] ChinaXiv. Home page[EB/OL]. [2021 - 03 - 01]. http://chinaxiv.org/home.htm.

[111] 张丽丽. 科学数据共享治理:模式选择与情景分析[J]. 中国图书馆学报, 2017, 43(2): 54 - 65.

[112] 马军花, 石瑞香, 刘闯, 等.《全球变化数据学报》(中英文)创刊年创新举措总结[J]. 全球变化数据学报(中英文), 2017, 1(4): 497 - 498.

[113] 温亮明, 郭蕾, 王晓东, 等. 基于关联规则的国内外数据期刊载文特征比较分析——以《Scientific Data》和《中国科学数据》为例[J]. 情报科学, 2019, 37(1): 112 - 121.

[114] 温亮明, 李洋, 张丽丽, 等.《科学数据管理办法》语词分析[J]. 新世纪图书馆, 2020(5):81 - 89.

[115] 高瑜蔚, 石蕾, 朱艳华, 等.《科学数据管理办法》实施细则比较研究——以正式发布的11份细则为例[J]. 中国科技资源导刊, 2019, 51(3):1 - 10, 17.

[116] 中国科学院. 微生物科学数据共享联盟成立[EB/OL]. [2021 - 03 - 02]. https://www.cas.cn/yx/201906/t20190619_4695862.shtml.

[117] 李洋, 温亮明.《科学数据管理办法》落实现状、影响因素及推进策略研究[J]. 图书情报工作, 2021, 65(2):65 - 74.

[118] 国家科技基础条件平台中心. 国家科学数据资源发展报告(2019)[R]. 北京: 科学技术文献出版社, 2020.

[119] MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT. Berlin 8, Peking 2010[EB/OL]. [2021 - 03 - 01]. https://openaccess.mpg.de/319919/Berlin_8.

[120] GLOBAL RESEARCH COUNCIL. The third annual global meeting was hosted jointly by China and Canada on 26 - 28 May 2014 in Beijing[EB/OL]. [2021 - 03 - 01]. https://www.globalresearchcouncil.org/meetings/annual-meetings/2014-meeting/.

[121] 中国科学院文献情报中心. 中科院和基金委发布开放获取政策[EB/OL]. [2021 - 03 - 01]. http://www.las.cas.cn/xwzx/zyxw/201405/t20140520_4123521.html.

[122] 李婷, 施其明, 刘琦. "OSID开放科学计划"助力学术期刊融合创新发展[J]. 出版与印刷, 2018(3): 11 - 17.

[123] 中国科学院文献情报中心. 中国科学院文献情报中心与牛津大学出版社达成国内首个开放出版转换协议[EB/OL]. [2021 - 03 - 02]. http://www.las.cas.cn/xwzx/zhxw/202005/t20200522_5584635.html.

[124] 张智雄, 黄金霞, 陈雪飞, 等. 科技预印本库的政策动向与政策挑战[J]. 中国科学基金, 2019, 33(3): 219 - 228.

[125] 屈宝强. 中国科学数据基础设施建设及发展对策研究[J]. 情报工程, 2020, 6(1): 11 - 21.

[126] 王雅娇, 杨建肖, 刘伟霄. 基于开放科学计划的学术期刊出版融合现状及分析[J]. 中国编辑, 2020(4): 93 - 98.

[127] OPENDOAR. OpenDOAR statistics [EB/OL]. [2021 - 03 - 04]. https://v2.sherpa.ac.uk/view/repository_visualisations/1.html.

[128] 徐敬宏, 张如坤. 迈向开放科学的传播学:机遇、挑战与未来[J]. 编辑之友, 2020(12): 76 - 84.

[129] 温亮明, 张丽丽, 黎建辉. 大数据时代科学数据共享伦理问题研究[J]. 情报资料工作, 2019, 40(2): 38 - 44.

[130] 李洋, 温亮明. 我国科学数据外流:表现、问题与对策[J]. 图书馆杂志, 2019, 38(12): 72 - 81, 115.

[131] 陈劲, 阳镇. 数字化时代下的开放科学:伦理难题与推进路径[J]. 吉林大学社会科学学报, 2021, 61(3): 116 - 128, 236.

[132] HUH S, CHO H, KIM H, et al. Opinions of Korean science editors on open access policies, editorial difficulties, and government's support for publishing[J]. Science Editing, 2015, 2(2): 55 - 58.

[133] INTERNATIONAL SCIENCE COUNCIL. Advancing science as a global public good[EB/OL]. [2021 - 03 - 04]. http://www.ciste.org.cn/uploadfile/2020/0729/20200729035139882.pdf.

[134] UNESCO. UNESCO recommendation on open science[EB/OL]. [2021 - 03 - 05]. https://en.unesco.org/science-sustainable-future/open-science/recommendation.

[135] EUROPEAN COMMISSION. Open innovation, open science, open to the world-a vision for Europe[EB/OL]. [2021 - 03 - 05]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-innovation-open-science-open-world-vision-europe.

[136] 宋佳, 温亮明, 李洋. 科学数据共享FAIR原则: 背景、内容及实践[J]. 情报资料工作, 2021, 42(1): 57 - 68.

[137] WILKINSON M D, DUMONTIER M, AALBERSBERG I J, et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship[J]. Scientific data, 2016, 3(1): 160018.

[138] MARTIN S, TURKI S, RENAULT S. Open data ecosystems [C]//International conference on electronic government and the information systems perspective. Switzerland AG:Springer Nature, 2017: 49 - 63.

[139] ZUIDERWIJK A, JANSSEN M, DAVIS C, et al. Innovation with open data: essential elements of open data ecosystems[J]. Information polity, 2014(19): 17 - 33.

[140] GROSSMAN R L, GU Y, MAMBRETTI J, et al. An overview of the open science data cloud[C]//Proceedings of the 19th acm international symposium on high performance distributed computing. Chicago:ACM,2010: 377 - 384.

[141] DONG S. Practical exploration of using "Cloud Classroom" to or-

ganize online learning: a case study of Jianye district, Nanjing during the COVID-19 pneumonia[J]. Science insights education frontiers, 2020, 5(2): 553-556.

[142] LI J. GOSC landscape and vision[EB/OL]. [2021-03-06]. https://indico.egi.eu/event/5255/contributions/14150/attachments/13274/16111/session1_talk4_part1_Jianhui.pdf.

[143] 中国科学院. 中国科技云与欧洲开放科学云启动战略合作[EB/OL]. [2021-03-06]. http://www.cas.cn/yx/202006/t20200624_4751116.shtml.

**作者贡献说明：**

温亮明：负责论文选题，提出论文框架，确定写作思路，论文初稿撰写；

李洋：论文框架调整，参与网络调研，论文后续修改，论文修订定稿；

郭蕾：负责网络调研，论文后续修改。

## The Practice Progress and Future Exploration of Open Science at Home and Abroad

Wen Liangming[1,2] Li Yang[3] Guo Lei[4]

[1] Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083

[2] School of Computer Science and Technology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

[3] Chengdu Sport University Library, Chengdu 610041

[4] Intelligence and Information Research Center, The Sixth Academy of China Aerospace Science & Industry Corporation, Hohhot 010021

Abstract: [**Purpose/significance**] Timely tracking and analyzing the practice progress of open science at home and abroad can provide decision-making support for science and technology management departments to adjust open science policies and lay out the direction of open science. [**Method/process**] This paper summarized the status quo of research and practice of open science from four aspects: the conceptual connotation and practical significance of open science, practice progress of open science in abroad, practice progress of open science in domestic and the future development trend of open science. [**Result/conclusion**] The article believes that, open science is the inevitable choice for knowledge to move from occlusion to innovation. International countries have implemented good practices at multiple aspects, such as planning strategies of open science, open infrastructure, open scientific data, open access journals, etc. China has yet to improve its system planning, cultural construction, degree of openness and brand reputation of open science. Facing the future, open science will develop in the direction of globalization, FAIRization, ecologicalization, and cloudification.

Keywords: open science scientific community Global Open Science Cloud FAIR principles open ecology